２０２７年度

東京都立大学　大学院

理　学　研　究　科

研　究　分　野　紹　介

　このパンフレットは、本研究科を志望する人のために、各専攻の研究分野を、それぞれの分野について、詳細に紹介したものです。志望分野を決めるための資料として使用してください。

目　　次

数理科学専攻

　各専攻の分野名の前又は、研究室名の前につけた①、②などの番号は、学生募集要項の研究分野一覧表中に付してある番号と同一です。
　教員名の○印は２０２８年３月、◎印は２０２９年３月退職予定であることを示します。

① 教授：黒田 茂 アフィン代数幾何学、多項式環論

多項式環は素朴な対象だが、それゆえ奥が深く、非常に基本的なことさえまだ十分に解明されていない。例えば、可換環 A と B が同型でないとき、多項式環 A[x] と B[x] も同型でないか？という一見簡単そうな問題は、実は「消去問題」と呼ばれる著名な問題である。このように、多項式環に関する単純だが非常に難解な問題は数多く存在する。多項式環は基本的な対象であるため、その本質の解明は代数学の諸分野に大きな影響を及ぼすと考えられ、世界的に研究が進められている。こうした背景の下、私は多項式環を研究するための効果的な手法の開発と、その応用に取り組んでいる。特に、微分や付値の概念を基礎に発展させた独自の方法を用い、多項式環の部分環の有限生成性の問題（不変式論、ヒルベルトの第 14 問題など）や、多項式環の自己同型群の生成系などに関係する研究を活発に行っている。なお、多項式環という具体性の高い対象を扱うからこそ、具体的な計算によって有意義な成果を得ることは期待しにくい。一つ一つの概念を丁寧に理解し、対象についての理解を深め、論理的に議論を積み上げていく姿勢が望まれる。

② 教授：下條 昌彦 非線形放物型方程式、無限次元力学系

非線形偏微分方程式の解が示す複雑な時空パターンの解明は非線形解析学の主要なテーマの一つです。結晶成長の界面運動、数理生態学の種の空間分布、発火現象のような爆発現象を記述するためにさまざまな非線形放物型方程式が考案されています。本研究室では、幾何的偏微分方程式の解の特異性、反応拡散方程式の伝播現象、非線形熱方程式の爆発問題、非線形の拡散をもつ方程式などが研究できます。非線形解析学のテーマは多岐に渡りますが、関数解析と線形偏微分方程式の基礎的な知識は不可欠です。

③ 教授：吉冨 和志 偏微分方程式論

擬微分作用素の研究を行っています。

④ 教授：深谷 友宏 幾何学的群論、粗幾何学

無限に広がりを持つ距離空間（非有界な距離空間）から局所的な情報を棄て去り、「遠くから眺めてみた時に見えてくる構造」を調べることが、 粗幾何学と呼ばれる分野である。この世界では例えば整数全体のなす集合と実数全体のなす集合はどちらも「遠くから眺めると直線に見える」 という意味で同一視される。このような観点に立脚した時、興味深い空間の例を豊富に提供してくれるのが無限離散群である。Gromov はリーマン多様体とは限らない距離空間に対して、「空間が負に曲がっている」という概念を定式化し、双曲群と呼ばれる「負曲率を持つ」群のクラスを導入した。このように幾何学的に特徴付けられた群の性質を研究するのが幾何学的群論である、無限離散群の中には様々な「個性」を持った群が沢山存在している。そうした群の「生態」を幾何学、トポロジーや解析学に由来する様々な手法を用いて解明することが、幾何学的群論や粗幾何学の醍醐味と言えるであろう。

⑤ 教授：横田 佳之 結び目理論、３次元多様体論

２次元の曲面を一般化した３次元多様体に関する理論、および空間内に埋め込まれたひも、いわゆ

る結び目の分類に関する理論を研究しています。具体的には、ジョーンズ多項式に代表される結び目や３次元多様体の量子不変量と、結び目や３次元多様体の幾何構造のあいだの不思議な関係について研究しています。

⑥　准教授：赤穂　まなぶ　　シンプレクティック幾何学、フレアー理論、モース理論

シンプレクティック幾何学におけるラグランジュ交叉のフレアー理論とは、ラグランジュ部分多様体に境界値を持つ、境界付きリーマン面からシンプレクティック多様体への擬正則曲線のモジュライ空間を用いて、シンプレクティック多様体やラグランジュ部分多様体の大域的な問題を研究する理論である。現在の研究テーマは、特異点を持つラグランジュ部分多様体のフレアー理論の構築である。その手始めとして、ラグランジュはめ込みのフレアー理論の研究を行っている。また、フレアー理論のトイモデルとしてモース理論の研究も行っている。

⑦　教授：上原　北斗　　代数幾何学

代数多様体上の連接層の導来圏の性質やその自己同値群、さらには代数多様体の特異点で定まる三角圏（特異点の三角圏）を研究している。連接層の導来圏や特異点の三角圏は多元環の表現論と結びつくことも多いので、多元環の表現論にも興味がある。

⑧　准教授：小林　正典　　代数幾何学、特異点、および他分野への応用

ミラー対称性を一つの指針として、K3 曲面・Calabi－Yau 多様体を中心とする複素多様体及び関連する特異点の幾何について、複素代数幾何だけでなく実代数幾何および凸多面体に関わる離散的手法を用いて研究している。最近ではトロピカル幾何学の研究と、工程計画問題の可視化等の他分野への応用も行っている。

⑨　教授：酒井　高司　　微分幾何学、部分多様体論

自然界の様々な現象は数学的に変分問題として定式化される。特に体積汎関数に関する臨界点となる部分多様体は極小部分多様体と呼ばれ、古くから研究が行われてきた。この問題には複素解析的手法や調和写像理論など様々な方面からのアプローチがあるが、私はリー理論的手法をもとにリーマン対称空間内の部分多様体に関する幾何学的変分問題について研究を行っている。特に、大域的な対称性や体積最小性など顕著な性質を持つ部分多様体に興味を持っている。また、ケーラー多様体内のラグランジュ部分多様体の幾何学的性質についても研究を行っている。

⑩　教授：内山　成憲　　暗号理論、計算数論

素因数分解問題や離散対数問題等の整数論的な問題やナップザック問題等の組合せ論的な問題の計算量的困難性についての研究およびそれらに基づく公開鍵暗号について主に研究している。特に最近では量子コンピュータを用いた攻撃に対して耐性があると期待されている多変数公開暗号の安全性解析に興味を持って研究している。暗号理論は、この 40 年程の間にその理論的基礎付けが与えられ、実

用的な応用も多数発見されるなど非常に新しい分野であり、様々な研究分野と関連しながら発展し続けている。また、理論的研究と応用研究が非常に密接に関連しており、学生の皆さんには分野にとらわれず広い視野をもって学んで頂くことを希望する。

⑪　准教授：横山　俊一　　計算機数論、計算機代数、数式処理

数式処理の立場から、代数的整数論や多項式代数についての研究をしています。とくに数論的話題に特化した計算代数システムを用いて、楕円曲線や拡大体・グレブナー基底などの高速計算アルゴリズムの開発と実装に取り組んでいます。またその成果物として、大規模データベースの整備にも携わっています。近年は、新しく登場した高水準言語 Julia を用いた超高速実装についても興味をもっています。

⑫　准教授：石谷　謙介　　確率論、数理ファイナンス

確率論・数理ファイナンスの研究を行っている。数理ファイナンスとは金融分野に関わる問題に数理的な枠組みを与え、その解法を提供することを目的とした応用数学の一分野である。数理ファイナンスでは金融市場の不確実な確率的要素をモデル化する必要があるため、測度論に基づく確率論が不可欠な道具となる。近年発展してきた数理ファイナンスの理論はブラック、ショールズ、マートンによる革新的な理論に端を発しており、そこでは確率微分方程式や伊藤の公式をはじめとする確率解析的手法が重要な役割を果たしている。そのため、私の研究室を志望される方は測度論、関数解析、確率論の基礎を身に着けて頂きたい。現在は「バリア・オプションの Greeks 計算方法」「ファイナンスに纏わる最適化問題」「計量的リスク管理・計測手法」を主な研究テーマとしている。

⑬　准教授：内田　幸寛　　計算数論、数論幾何学、暗号理論

楕円曲線の数論や、より一般に代数曲線とそのヤコビ多様体の数論を、具体的な計算の側面から研究している。特に、代数曲線の整数点や有理点を決定する問題に興味がある。また、楕円曲線暗号など、数論の暗号への応用についても研究している。具体的な研究内容としては、有理点の複雑さを測る高さ関数、楕円曲線の等分多項式とその一般化、有限体上定義された代数曲線の位数計算、暗号に用いられる代数曲線上のペアリングの計算などがある。

⑭　准教授：鈴木　登志雄　　計算理論、数理論理学

数理論理学（数学基礎論）は数学、情報科学、哲学をまたいで広がる学問であり、計算可能性理論、証明論、集合論、モデルの理論、非古典論理などの分野から成る。現代の数理論理学の動機、方法、および研究対象は 1920 年代の数学基礎論におけるそれらとは大きく異なる。私は計算可能性理論とその応用のうち、とくに以下の二つについて研究を進めている。（1）連続体の計算可能性理論による、アルゴリズム的ランダム性の研究、（2）ブール関数の複雑さ、とくにゲーム木探索コストの均衡値および均衡点。

⑮　准教授：関　行宏　　非線形偏微分方程式、反応拡散系、漸近解析

非線形偏微分方程式の数学解析において重要な「大きい解」の扱いに興味を持っています。シンプルな非線形熱方程式のほか、調和写像流から導出される半線形放物型方程式、走化性粘菌の運動を記述する反応拡散系等が現在の主要なテーマです。これらの時間発展を伴う非線形偏微分方程式では有限時間のうちに解の特異性が生じるという共通点があり、それに伴う解の振る舞いを研究します。本研究室では、特異性解析を通じて抽象的理論だけでは理解できない構造の解明を目指します。基礎的な関数解析や微分方程式、写像度等様々な知識が必須ですが、煩雑な計算を厭わない気力が何より大切です。

⑯　教授：シュワドレンカ・カレル　　変分解析、偏微分方程式論、数理モデリング、数値解析

新材料の開発から病気の治療まで、周りの現象や課題の理解・解決に数学の力で寄与することを目指す研究に興味がある。現象を表す数理モデルを考え、モデル方程式の数学解析や数値シミュレーションを通して現象に潜む数学的な構造を発見することで、その原理を明らかにするという研究の流れである。モデルとして非線型な偏微分方程式または変分問題が現れることが多い。変分解析という分野では、最小化・最適化問題を無限次元空間で考えるため、空間の位相をどう選ぶかが大事なポイントとなる。したがって、理論部分では関数解析や偏微分方程式論の知識をよく使い、シミュレーション部分では数値計算アルゴリズムの構成やそのプログラミング言語による実装も行なっている。

⑰　准教授：金光　秋博　　代数幾何学

代数多様体について、その上のベクトル束に関係する幾何や分類問題を中心として研究を行っている。特にファノ多様体と呼ばれる代数多様体の具体的な幾何を中心として、その接ベクトル束の性質や、ファノ多様体上の豊富ベクトル束に関係する分類問題などの研究を行っている。最近には、そこから発展して K3 曲面とその上のベクトル束に関係する研究なども行っている。

⑱　准教授：三浦　達彦　　偏微分方程式論、数理流体力学、拡散方程式

薄膜領域や曲面上の偏微分方程式（特に流体および拡散方程式）の数学解析について研究しています。薄膜領域とは空間内のある方向への幅が非常に小さい領域で、薄い金属板の熱伝導、細い棒の変形、地球流体の運動など、様々な現象を偏微分方程式によって数理モデル化する際に現れます。私の主な研究テーマは「領域の幅（膜の厚さなど）をゼロにする極限で何が起きるのか」という厚さゼロ極限の問題ですが、一般に偏微分方程式と何かの極限が関連する問題に興味があります。形式的な計算や直感的な考察で結果が予想できても、それを数学的に厳密に定式化して証明するのは大変です。研究には、関数解析学や偏微分方程式論などの理論の十分な理解と、煩雑な計算を丁寧に遂行する集中力や忍耐力が必須です。

⑲　准教授：佐藤　峻　　数値解析、連続最適化

微分方程式は様々な現象のモデルとして現れますが、その厳密解を計算することは不可能あるいは困難であることが多いため、計算機を用いて近似解を構成する手法である数値解法が広く利用されて

います。中でも、微分方程式が保存則や対称性などの重要な性質（構造）をもつ場合に、その性質を継承した数値解法を考える構造保存数値解法を中心に研究しています。また、最近、微分方程式の数値解析と連続最適化のアナロジーに着目して、一方の知見を他方に応用する研究も行っています。

⑳　准教授：数川　大輔　　幾何解析、測度距離空間、収束理論、測度の集中現象

　リーマン多様体や測度距離空間の収束理論を研究しています。このような空間たちの間に「近さ」の概念（空間全体の集合上の位相）を定めることで、空間列の収束を考えることができます。収束する空間列とその極限空間の間の幾何学・解析学的な関係性を調べています。特に「近さ」の概念として、測度の集中現象（高次元空間での測度の偏り）に基づいた集中位相に興味を持っています。集中位相が与える収束は、次元が無限大に発散する空間列に対しても良い収束性を持ち、実際に無限次元の極限空間も現れます。このような無限次元の対象も取り込んだ幾何解析的な研究を発展させたいと思っています。

助教 : 川崎　健　　可換代数

特異点解消の十分条件と目されている優秀環とその類似概念の研究をしている。とくに優秀環の定義の「正則」という部分を「Cohen-Macaulay」に置き換えた概念に興味を持っている。

助教 : 平田　雅樹　◎　　エルゴード理論、力学系理論

現在、数理物理における中心的テーマの一つである“カオス”現象をエルゴード論的手法を用いて解析する。特に、さまざまな“カオス”的系における再帰時間の分布について調べている。これに関連して、エネルギー固有値分布など、量子カオスに関係した問題も研究する。

助教 : 前原　悠究　　圏論

圏は対象とその間の射によって構成される数学的構造ですが、さらに射の間に 2 次元的な射があったり、2 次元的な射の間に 3 次元的な射があったりする、高次圏と呼ばれるものを研究しています。次元が上がると自然にホモトピー論的な情報が含まれるようになるので、それをうまく扱うための道具として、よくモデル圏（やそれに類するもの）を使っています。